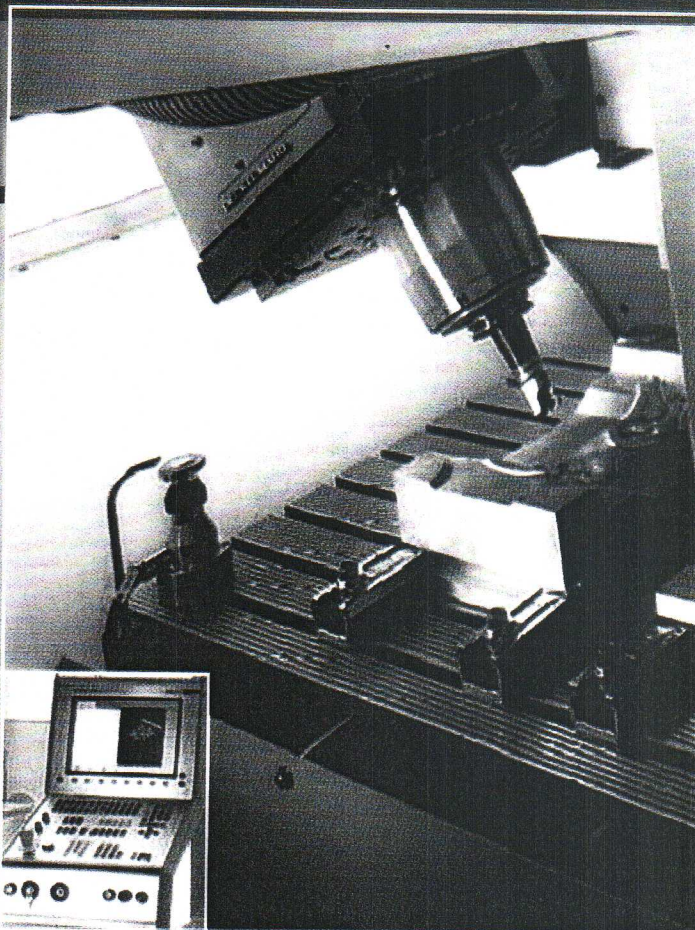
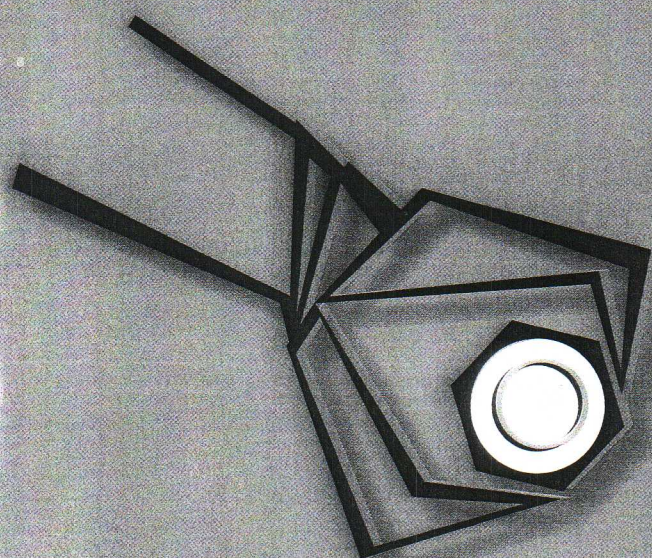


**30. JUBILARNO SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA
SRBIJE I CRNE GORE 2005.
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM**

**30th JUBILEE CONFERENCE ON PRODUCTION ENGINEERING OF SCG
WITH FOREIGN PARTICIPANTS**



ZBORNİK RADOVA PROCEEDINGS

ČAČAK-VRNJAČKA BANJA, 2005.



TRENDOWI PRIMENE CAD/CAM SISTEMA U INŽENJERSTVU I EDUKACIJI

G. Devedžić¹, L. Ivanović², M. Erić³

^{1, 2, 3} Mašinski fakultet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Srbija i Crna Gora
devedzic@ptt.yu, {cirpis, lozica, ericm}@kg.ac.yu

Rezime: Razvoj proizvoda i procesa podrazumeva primenu inženjerskih znanja i veština, ali i intenzivnu primenu raznovrsnih softverskih alata. Jedan broj potrebnih softverskih alata integrisan je u okviru CAD/CAM sistema, dok drugi čine manje ili više nezavisne inženjerske i poslovne aplikacije. Zajedno predstavljaju CAX sistem, u koji je ugrađeno i za čije korišćenje je potrebno znanje iz oblasti informacionih tehnologija, teorije konstruisanja, obradnih sistema, poslovnih procesa i sl. Stepen integrisanosti softverskih alata u okviru CAX sistema, intenzitet primene prilikom rešavanja inženjerskih problema, kao i načini edukacije i nivo obučenost stručnog kadra razlikuju se u većoj meri. Današnja stremljenja u primeni CAD/CAM sistema, kao okosnice CAX sistema, odlikuju, pre svega, softverska integracija različitih disciplina, projektovanje u kontekstu sklopa, konkurentnost projektovanja, olakšano upravljanje varijantnošću proizvoda, kolaborativan i distribuiran razvoj primenom Internet tehnologija i standardizacija razmenljivosti podataka. Saglasno tome, edukacija stručnog kadra usmerena je ka obuci inženjera na univerzitetskom nivou, specijalizovanoj obuci u okviru univerziteta i/ili firmi, kao i specijalističko-ekspertske obuci za potrebe konkretnih poslova u industriji. Rad sumira stanje razvoja i trendove u ovoj oblasti.

Cljučne reči: CAD/CAM sistemi, trendovi primene, edukacija kadrova.

TRENDS IN CAD/CAM SYSTEMS APPLICATION IN ENGINEERING AND EDUCATION

Abstract: Product and process development assumes application of engineering knowledge and skills, as well as intensive use of variety of software tools. Some of the software tools are integrated within CAD/CAM system, while other belong to more or less standalone engineering and business applications. Altogether these represent CAX system which embeds and requires knowledge of information technology, theory of design, machining systems, business processes, etc. The level of software tools integration within a CAX system, intensity of use for engineering problems solving, education methods including the level of training of engineers extensively vary. Modern development in CAD/CAM systems application, as the core of the CAX systems, are characterized by software integration of various disciplines, assembly-based design, concurrent engineering approach, facilitated product model version management, collaborative and distributed design with application of Internet technologies, and standardization of data transfer. Accordingly, education for CAX systems carries out through university studies, industrial training, as well as through specialist and expert training directed to the needs of practical problems solving in industry. The paper summarizes the state of the art and trends in the area.

Key words: CAD/CAM systems, trends in application, education of engineers

1. UVOD

Savremeni razvoj proizvoda i procesa podrazumeva intenzivnu primenu CAD/CAM sistema. Štaviše, ovi sistemi podrazumevaju daleko širi dijapazon softverskih (pod)sistema, modula i alata, danas određen kao sistemi za upravljanje životnim ciklusom proizvoda (Product Lifecycle Management – PLM). Njima se obezbeđuje automatizacija sprovođenja svih relevantnih faza razvoja proizvoda i procesa: konceptualizacije, konstruisanja, proizvodnje i poslovanja. PLM sistemi stvaraju osnovu za uvid i praćenje informacija i podataka o proizvodu i procesima, ali i šire i konzistentno korišćenje inženjerskih, proizvodnih i poslovnih znanja tokom čitavog životnog ciklusa proizvoda. U takvo kolaborativno upravljanje životnim ciklusom proizvoda uključeni su svi razvojni, proizvodni i poslovni timovi, kao i poslovni partneri, kooperanti, dobavljači i kupci putem računarskih mreža.

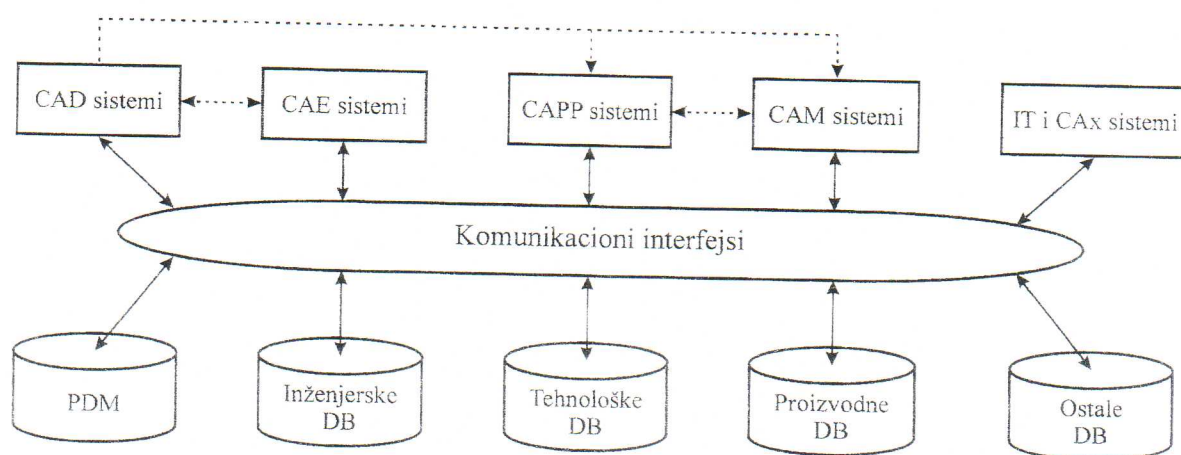
Jasno je da je ovako definisan i podržan koncept razvoja proizvoda i procesa veoma složen. U značajnijoj meri danas je implementiran samo u jednom delu firme najrazvijenijih zemalja. Međutim, uzimajući u obzir trendove

razvoja softvera, komunikacija, opreme i (globalnih) tržišnih kretanja mogu se dovoljno jasno uočiti stremljenja u primeni PLM sistema. S obzirom na širok spektar oblasti koje PLM sistemi pokrivaju, u ovom radu se ograničavamo na analizu stanja i iznošenje smernica vezanih uglavnom za CAD/CAM (pod)sisteme. Oni predstavljaju srž i okosnicu PLM sistema. Kako je ključni element procesa razvoja proizvoda i procesa 3D model proizvoda, to se teze koje se u radu iznose mogu prihvatiti sa dovoljnom dozom opštosti u kontekstu integralnih PLM sistema.

Ovim radom želimo da ukažemo na neke od uočljivih trendova primene CAD/CAM sistema u inženjerstvu i edukaciji, kao pomoć u trenutku redizajna inženjerskog obrazovanja u visokoškolskim ustanovama i promena u industriji. Iako je na tom polju u pojedinim sredinama učinjen veliki pomak, još uvek postoje značajne razlike u pristupima koje krajnje korisnike onemogućavaju u konkurentnom tržišnom nastupu. U sledećem poglavlju dajemo kratak pregled nasleđenih navika i pristupa, kao i trenutno stanje u oblasti primene CAX sistema. Treće poglavlje se odnosi na analizu potreba inženjerstva i obrazovanja u pogledu CAD/CAM (i PLM) sistema. Na kraju rada data je rekapitulacija smernica proisteklih iz identifikovanih trendova.

2. NASLEĐE I TRENUTNO STANJE

Jedan od vidova konkurentnosti i kompetitivnosti ogleda se i u brzini reagovanja i sposobnosti ispunjenja zahteva koje nameće moderno tržište u pogledu razvoja novih proizvoda. U tom smislu se praktikuju pristupi koji favorizuju paralelni tok izvođenja konstrukcionih, tehnoloških i proizvodnih aktivnosti. To sa svoje strane otvara nove probleme vezane za njihovo struktuiranje i efikasno izvođenje, kako u inženjerskom i menadžerskom smislu, tako i u informatičkom [1, 2, 7, 8, 12, 13, 15]. Pored teorija i pristupa usmerenih ka rešavanju ovih problema, postoji i veliki broj softverskih alata za automatizaciju pratećih aktivnosti. To sa jedne strane ukazuje na veliku heterogenost informacionih sistema, a sa druge na njihovu malu (direktnu) povezanost (SI.1). Razmena jednog dela inženjerskih informacija i podataka donekle se rešava primenom direktnih prevodilaca ili univerzalnih formata, kao što su STEP, IGES i XML.



Slika 1: Heterogeni IT i CAX sistem

Međutim, glavni problem nije vezan toliko za heterogenost IT i CAX sistema koliko za razmenljivost podataka i mogućnost kolaborativnog razvoja proizvoda i procesa. Domaća industrija se često susreće sa pitanjem savremenosti softvera. Tada pomenuti problemi posebno dobijaju na značaju, jer su neki od softvera novijeg datuma otklonili nedostatke i pružili osnovu za efikasniji rad i povezivanje. Iako je danas 3D solid modeliranje uobičajen pristup razvoja proizvoda i procesa, još uvek postoji značajan broj firmi i inženjerskih celina koje i dalje praktikuju 2D pristup. U nekim slučajevima to se može tolerisati, ali to svakako ne znači da se radi o savremenom trendu. Nesumljive su i brojne prednosti 3D načina modeliranja proizvoda i procesa, ali problem njegove relativno male i ograničene primene složene je prirode. Osnovni razlog leži u niskom nivou investicionih mogućnosti koji ne pogoduje ulaganju u potreban softver, računarsku opremu i obrazovanje kadrova.

Očigledno je da opšte stanje industrije utiče i na načine i procese obrazovanja stručnog osoblja. U najvećem broju slučajeva ovom problemu se ne pristupa sistematski i sa jasnom strategijom. Visokoškolske ustanove su do nedavno davale samo opšte obrazovanje iz oblasti projektovanja pomoću računara. Ono se često svodilo na osnove 2D crtanja pomoću računara, čak i bez šireg teoretskog upoznavanja sa mogućnostima savremenih softvera i trendova. Svako dalje obrazovanje i usavršavanje prepuštano je ličnoj inicijativi. Sporadično su menadžeri firmi nastojali da obezbede dodatno obrazovanje za manji broj stručnjaka, kada su to finansijske

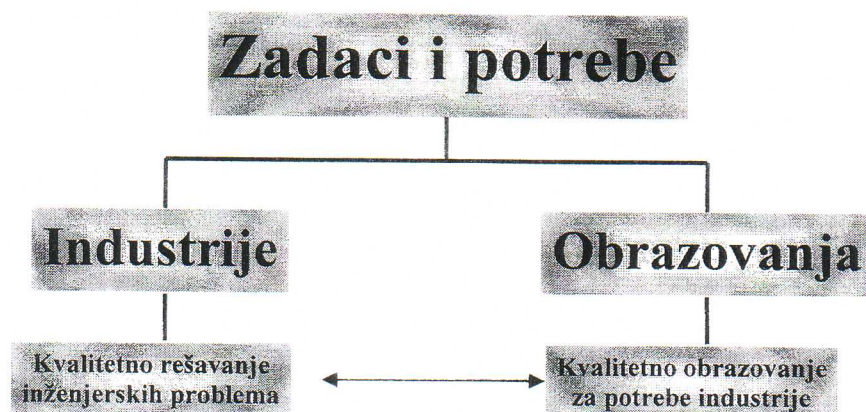
okolnosti dozvoljavale. Pomalo paradoksalno zvuči činjenica da se već nekoliko godina u našem srednjem stručnom obrazovanju izučavaju discipline iz oblasti računarskog 3D modeliranja proizvoda i procesa, i to uz intenzivnu primenu najsavremenijih softverskih paketa. U mnogim firmama se, za to vreme, zatečena situacija nimalo nije promenila. Na izvestan način postoje i otpori, što ne znači pomanjkanje stručnosti, već spada u domen industrijske psihologije.

3. ZADACI I POTREBE INDUSTRIJE I OBRAZOVANJA

Razvoj novog proizvoda je proces. Imajući u vidu intenzivnu primenu CAD/CAM sistema i drugih informacionih tehnologija tokom konceptualne i inženjerske faze, proces razvoja novog proizvoda predstavlja skup međusobno povezanih aktivnosti kojima se vrši transformacija idejne zamisli u skup uređenih i semantički određenih informacija i podataka o proizvodu – digitalni model proizvoda. Jedan od preduslova za konkurentno izvođenje tog procesa je postojanje adekvatnog softverskog paketa. Takvih je na tržištu veći broj, ali im se ukupne mogućnosti razlikuju u manjoj ili većoj meri. Činjenica je da postoje sistemi koji u sebi integrišu veliki broj raznorodnih modula kao podršku konstruktorskim, inženjerskim, tehnološkim, proizvodnim, ergonomskim, poslovnim i drugim aktivnostima. Ono što u takvim uslovima može predstavljati problem je pitanje obučenosti stručnog osoblja.

Jedan od osnovnih ciljeva industrijskih aktivnosti je kvalitetno rešavanje inženjerskih problema (što u sebe uključuje konkurentno, efikasno i ekonomski opravdano delovanje) (Sl.2). Da bi se oni ostvarili neophodno je da postoje odgovarajući ljudski potencijali. Njihova obuka se odnosi, kako na osnovni nivo, koji podrazumeva ovladavanje inženjerskim znanjima i veštinama, tako i na specijalistički i ekspertski nivo, kojim se obezbeđuju industrijski ciljevi. Izvršenje ovako formulisanih zadataka podrazumeva visok stepen interakcije, razumevanja i saradnje između industrije i obrazovnih institucija. U tom smislu zajedničke potrebe industrije i obrazovanja mogu se sumirati u sledećem:

- Višegodišnji naporan praktični rad,
- Stalno praćenje stanja razvoja i trendova,
- Racionalna primena novina,
- Mobilnost i kolaborativni pristupi,
- Intenzivnija (obostrana) saradnja.



Slika 2: Globalni zadaci i potrebe primene CAD/CAM sistema

Ponekad je obrazovanje u CAD/CAM oblasti potpuno neopravdano orijentisano ka izučavanju načina primene nekog konkretnog softverskog paketa, ili grubo rečeno, ka ovladavanju korišćenja komandi. CAD/CAM jeste informatička tehnologija, ali nije svrha sama sebi, iako podrazumeva poznavanje nekih informatičkih znanja i veština. CAD/CAM sistem je integrator više inženjerskih disciplina. Stoga je za ispravnu primenu ovih softvera neophodno ne samo poznavanje tih disciplina, već posedovanje i znanja o celokupnoj metodologiji razvoja proizvoda i pratećih procesa. Da bi se to postiglo potreban je *višegodišnji rad* na obuci kadrova i rešavanju praktičnih inženjerskih problema [4, 9, 14]. Sa druge strane, ukoliko ne postoji *stalno praćenje stanja razvoja i trendova* može doći do debalansa između realnih potreba razvoja i kvaliteta proizvoda, što značajno umanjuje konkurentne sposobnosti. S tim u vezi treba se kritički i stručno odnositi i *racionalno primenjivati novine*. To se

posebno odnosi na softver, jer nove verzije ne moraju u datim okolnostima pozitivno uticati na proces razvoja proizvoda. Svakako, stručnjaci iz obrazovnih institucija i/ili obrazovnih timova u industriji treba da prate stanja razvoja i trendova i putem ekspertskih analiza i kurseva permanentnog obrazovanja omoguće njihovu pravovremenu i racionalnu primenu. Posmatrajući celokupno stanje industrije u našoj zemlji ovaj zadatak se danas ne ostvaruje na zadovoljavajući način. Razloge, između ostalog, treba tražiti i relativno niskom stepenu saradnje univerziteta i industrije, maloj *mobilnosti* stručnih kadrova, ali i lošoj materijalnoj situaciji.

3.1 Problemi inženjerstva

Opisana situacija u domaćoj industriji u pogledu primene CAD/CAM sistema i dodatne obuke kadrova ukazuje na izazove koji se u tom smislu javljaju. Stoga ističemo sledeće kategorije problema u primeni CAD/CAM sistema:

- Robustnost,
- Interoperabilnost,
- Znanje o proizvodima i procesima,
- Kolaborativnost i distribuiranost,
- Obrazovanje.

Ove kategorije nisu jedine koje se mogu identifikovati sa stanovišta primene CAD/CAM sistema u industriji, ali ih većina istraživača prepoznaje kao osnovne [1, 2, 7, 9, 12-15]. Sem toga, one nisu međusobno nezavisne, štaviše odlikuje ih veliki stepen međusobne povezanosti i uslovljenosti.

3.1.1 Robustnost

Nisu svi softverski paketi podjednako dobri za razvoj proizvoda i procesa u okviru konkretnog proizvodnog programa. Stalno praćenje i analize stanja na tržištu softverskih alata i trendova njihovog razvoja treba da bude usmereno ka donošenju ispravne odluke o izboru odgovarajućeg softverskog rešenja. Robustnost se u tom pogledu odnosi na brzo i pouzdano programsko jezgro, asocijativnu proveru i upravljanje podacima, modeliranje u kontekstu sklopa, algoritme za povezivanje sa drugim sistemima i aplikacijama, formate podataka, upravljanje (3D) tolerancijama, upravljanje podacima vezanim za specijalne slučajeve (preklapanje, diskontinuiteti, ...), rad sa neizvesnim i podacima sa "šumom", upravljanje greškama zaokruživanja, pretvaranja, upravljanje podacima na bazi istorije (verzije) modela i verzija softvera, itd.

3.1.2 Interoperabilnost

Interoperabilnost je usko povezana sa pitanjem robustnosti. Savremeni CAD/CAM sistemi u sebi sadrže mnoštvo modula za integraciju raznorodnih inženjerskih disciplina. Veliki broj proizvoda u sebe uključuje pored mehaničkih i elektronske, električne, hidraulične, pneumatske, i druge komponente. Radi se, dakle, o komponentama koje imaju potpuno različite podatke kojima se opisuju, pa upravljanje takvim podacima predstavlja poseban izazov. To je naročito izraženo u slučajevima razmene podataka (modela proizvoda i procesa) između različitih softverskih sistema, što je čest slučaj u industriji. Neki od problema koji se tada javljaju vezani su za gubitak istorije modeliranja, gubitak ili oštećenje podataka i informacija o modelu, upravljanje jedinicama mera, uparivanje metrike primenjene u različitim sistemima, prepoznavanje struktura podataka, konverzija nasleđenih 2D modela (crteža) u 3D modele, i sl.

3.1.3 Znanje o proizvodima i procesima

Relativno mali broj CAD/CAM sistema nudi i integralno stvaranje modela znanja o proizvodima i procesima. Znanje i iskustvo koje se godinama generiše i skuplja u industrijskom okruženju i koje predstavlja intelektualni kapital firme potrebno je sačuvati i u elektronskoj formi. Pored baza podataka potrebne su i baze znanja, ali i sistemi koji će ih primenjivati. U tom smislu su učinjeni veliki pomaci, ali je pitanje primene i razmene baza znanja prilikom modeliranja različitih proizvoda u okviru jednog sistema i dalje otvoreno. Razmena baza znanja između različitih sistema nedovoljno je razvijena. Obrasci znanja i sistemi rezonovanja na bazi njih daju mogućnost za razrešavanje ovog problema.

3.1.4 Kolaborativnost i distribuiranost

Intranet i Internet su postali ključni interni i globalni komunikacioni medijum koji je u velikoj meri doprineo ostvarenju koncepta distribuiranih proizvodnih sistema. CAD/CAM sistemi intenzivno koriste web servise, mada u našim uslovima još uvek postoje izvesne infrastrukturne barijere. Saradnja na razvoju novog proizvoda više ne mora da se izvodi na jednoj lokaciji, a inženjerski web servisi (koji se ubrzano razvijaju) zasnovani su na XML standardu pružaju veliku podršku takvom načinu rada i komuniciranja [3, 13, 15]. Tako se na webu mogu naći CAD biblioteke delova i proizvoda, biblioteke procesa i znanja o procesima i sl. Međutim, pored evidentno dobrih strana primene Interneta i inženjerskih servisa koji se nude, postoji veliki problem sigurnosti podataka. Taj problem se proteže od prenošenja virusa do neovlašćenog pristupa, modifikacija i korišćenja modela. Obuka kadrova u tom smislu od velike je važnosti.

3.1.5 Obrazovanje

Obrazovanje je pitanje od velike važnosti, kako za industriju, tako i za univerzitet. U industriju dolaze mladi inženjeri sa opštim znanjem iz oblasti CAX tehnologija, ređe sa specijalizovanim znanjima i veštinama, koje se dobija na univerzitetima. Pored sticanja inženjerskih iskustava od njih se očekuje i usavršavanje CAX znanja. Sa druge strane, inženjeri sa bogatim iskustvom, ali drugačijeg prethodnog obrazovanja, moraju se prilagoditi novim tehnologijama i sa tradicionalnih pristupa preći na moderne informatičke. Očigledno je da zajednički imenilac navedenih potreba čini stalno stručno usavršavanje. Da bi se postigao optimalan odnos stručnog napredovanja (inženjerskog naspram CAX) potrebno je uspostaviti sistem permanentnog obrazovanja. Treba primetiti da pored obuke za konkretne CAD/CAM i PLM sisteme industrija iskazuje i potrebu za raznim nivoima obuke za druge informacione tehnologije.

3.2 Problemi obrazovanja

Univerzitetsko obrazovanje inženjera uključuje i oblast CAD/CAM sistema. pristupi se, pri tom, često veoma razlikuju. Rukovodeći se globalnom šemom zadataka i potreba industrije i obrazovanja datom na slici 2 i sprovedenom analizom izdvajamo sledeće grupe problema:

- Integralnost pristupa,
- Ljudski potencijali,
- Nivoi obuke i obrazovanja,
- Načini obuke,
- Odnos univerziteta i industrije.

3.2.1 Integralnost pristupa

Univerzitet daje opšti vid inženjerskog obrazovanja, a tek u nekim slučajevima nudi specijalizaciju u pojedinim oblastima na osnovnim studijama. Osnovni cilj univerzitetskog obrazovanja u oblasti CAD/CAM sistema je naučiti studente da je projektovanje proces i istaći potrebu za celovitim sagledavanjem inženjerskih zadataka [5, 6, 9-11, 14]. Za demonstraciju teorijskih pristupa i metoda treba izabrati softverski paket koji nudi integralna rešenja. Parcijalne specijalizacije su moguće i uglavnom su vezane za izborne predmete. Svako dalje usavršavanje vezano je za industriju i/ili podrazumeva dodatno univerzitetsko (poslediplomsko) obrazovanje.

3.2.2 Ljudski potencijali

Koji će se vid usavršavanja izabrati zavisi i od prethodnog obrazovanja i iskustva onih kojima je obuka namenjena, kao i od okruženja. Prethodno obrazovanje ima velikog uticaja na prihvatanje novih tehnologija. Na primer, konstruktori kojima je osnovno iskustvo i način rada vezan za crtaću tablu inicijalno teže prihvataju pristupe zasnovane na parametarskom 3D modeliranju. Nasuprot tome, studenti novine lako prihvataju, ali obuka za CAD/CAM sisteme mora neizostavno da sadrži metode konstruisanja i tehnologije obrade da informaciona tehnologija ne bi postala sama sebi svrha. Ova dva oprečna primera implicitno ukazuju na značaj okruženja u kome se obuka izvodi i u kome studenti i inženjeri rade. Naime, u sredinama u kojima postoji značajan stepen obrazovanja i stručnosti u oblasti računarskog razvoja proizvoda i procesa, kao i izražen timski rad ovakvi problemi se prevazilaze intenzivnom saradnjom. Na žalost, kulturološke barijere i dalje predstavljaju veliku nevolju na putu ka uspostavljanju kolaborativnih pristupa razvoju proizvoda i procesa.

3.2.3 Nivoi obuke i obrazovanja

U osnovi se javljaju tri pristupa obuci i obrazovanju inženjera. Po jednom od njih osnovno i dodatno obrazovanje inženjera obezbeđuje univerzitet. S obzirom na prirodu poslova nastavnog osoblja univerziteta zadovoljeni su kriterijumi aktuelnosti, sistematičnosti i metodičnosti, ali se ne može uvek garantovati inženjersko iskustvo potrebno za domen industrijskih specijalista i eksperata. Drugi pristup podrazumeva postojanje timova za obuku unutar industrije, organizovanih nezavisno ili u okviru posebnih organizacionih jedinica. Ovakvi timovi i/ili organizacione jedinice se ređe sreću, a često su organizovane u saradnji sa univerzitetom. Pri tome se stvara dobar balans u prenošenju teorijskih i praktičnih znanja, s obzirom da se pokazalo kao veoma važno dobro poznavanje fundamentalnih inženjerskih principa CAD/CAM i PLM sistema za dalje napredovanje i stručno usavršavanje inženjera. Treći pristup se odnosi na obuku kadrova koju obavljaju zastupnici pojedinih softvera. Ono što često može biti nedostatak u takvim slučajevima je prenatržen marketinški pristup, sa nedovoljno izraženim teorijskim i praktičnim (uže stručnim) znanjima.

3.2.4 Načini obuke

Broj osnovnih inženjerskih disciplina koje CAD/CAM sistemi obuhvataju, kao i složenost samih softvera uslovlili su više načina obuke. Tradicionalno, osnove CAD/CAM sistema se izlažu teoretski, a praktična obuka se izvodi u računarskim učionicama uz asistenciju stručnog lica. Kada su inženjerski principi savladani u dovoljnoj meri izučavanje svakog novog softvera može se izvoditi samo praktično. Pored ovog načina, moderna informatička tehnologija omogućila je proizvođačima softvera da obezbede specijalne edukacione pakete koji korisnicima pružaju mogućnost samostalnog učenja i usavršavanja. Za osnovni nivo to može biti veoma korisno rešenje. Međutim, jedan od ključnih nedostataka ovakvog vida obuke je izostanak validne informacije o stepenu obučenosti. Sem toga, specijalizovana i ekspertska obuka ne odnosi se na puko baratanje komandama, već na integraciju mnogih znanja i veština, što dovodi u pitanje kvalitet ovakvog načina obuke. Kada je sama obuka sprovedena na kvalitetan način javlja se problem post-edukacione podrške. Neke tehnike i metode, iako su tokom obuke izgledale veoma jednostavne i intuitivne, nisu toliko lake za implementaciju prilikom rešavanja inženjerskih problema. Zato je, između ostalog, post-edukacione podrška veoma važna, a najlakše se ostvaruje ukoliko firma ima edukacioni tim.

3.2.5 Odnos univerziteta i industrije

U oblasti primene CAD/CAM sistema zadaci i potrebe univerziteta i industrije prepliću se u velikoj meri (Sl.3).



Slika 3: Odnos zadataka i potreba univerziteta i industrije

Uloga univerziteta je da nauči studente osnovama CAX i informacionih tehnologija, metodama konstruisanja i proizvodnje, kao i da ih motiviše za dalje lično usavršavanje. Industrija treba da prihvati da ne može dobiti potpuno obučene stručnjake za svoje specifične potrebe i da je ulaganje u usavršavanje stručnog kadra

neophodno. Stoga je intenzivnija saradnja na polju usavršavanja i razvoja novih proizvoda i procesa dobar put ka postizanju zajedničkih ciljeva.

4. ZAKLJUČAK

U radu su sumirani globalni trendovi primene CAD/CAM sistema u industriji i obrazovanju. Naglašena je primena savremenih sistema za 3D modeliranje proizvoda i procesa, kolaborativni razvoj i korišćenje Internet tehnologija. To su osnovni preduslovi za stvaranje uslova konkurentske sposobnosti i kompetitivnosti industrije i univerziteta.

Zadovoljenje tržišnih zahteva ubrzalo je uvođenje savremenih CAD/CAM sistema za 3D modeliranje proizvoda i procesa u domaću industriju. Trenutno (nasleđeno) stanje razlikuje se u velikoj meri, kako u pogledu primene ovih softvera, tako i pogledu obučenosti kadrova. Neminovne su promene u pristupima koji se tradicionalno primenjuju za rešavanje inženjerskih problema. Razvoj novih proizvoda sve više prelazi u domen virtuelnog, ne negirajući potrebu za klasičnim inženjerskim znanjima. Sve je izraženija potreba za uključivanjem u globalne tržišne tokove, što implicira kolaborativne i distribuirane pristupe projektovanja proizvoda i procesa. U tom smislu od ogromnog značaja je i korišćenje inženjerskih Internet servisa. Da bi se ti (strateški) ciljevi postigli neophodna su veća ulaganja, kako u opremu i komunikacionu infrastrukturu, tako i u obrazovanje kadrova. Pored toga, od velike važnosti su i stalno praćenje stanja razvoja i trendova, racionalna primena novina, mobilnost stručnog osoblja, itd.

Pristupi u obrazovanju inženjera za primenu CAD/CAM sistema takođe se veoma razlikuju. U cilju povećanja kompetitivnosti mladih inženjera, ali i iskusnih inženjera bez prakse u oblasti računarskog projektovanja proizvoda, univerziteti nude odgovarajuće kurseve. Nasleđeno stanje obuke samo za 2D sisteme menja se ka modernim 3D pristupima. CAD/CAM sistemi i u obrazovnom smislu imaju ulogu integratora, pa se obuka sa opštih predmeta širi i na druge inženjerske oblasti i discipline. Ipak, u većini slučajeva obrazovanje koje studenti dobijaju je opšteg karaktera, a tek sporadično specijalističkog. Stoga je neophodno uspostaviti sistem permanentnog obrazovanja koji će, u sprezi sa stručnjacima iz industrije, omogućiti stalno unapređivanje znanja i veština. To se odnosi kako na znanja i veštine iz oblasti CAD/CAM i informacionih tehnologija, tako i na inženjerska znanja i veštine.

ZAHVALNOST

Ovaj rad sadrži rezultate istraživanja izvedenih u okviru projekta "Razvoj softverskih rešenja u Internet/Intranet okruženju za integrisani razvoj proizvoda i procesa" (TR-6218A) koga finansira Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Bullinger H.-J., Warschat J., Fischer D.: "Rapid Product Development — An Overview", Computers in Industry, Vol.42, pp.99–108, 2000.
- [2] Burr H., Deubel T., Vielhaber M., Haasis S., Weber C.: "Challenges for CAx and EDM in an International Automotive Company", ICED'03, Stockholm, Sweden, August 19-21, 2003.
- [3] Lee J.Y., Lee S., Kim K., Kim H.: "A Process-Centric Engineering Web Services Framework", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005.
- [4] Crown S.W.: "Improving Visualization Skills of Engineering Graphics Students Using Simple JavaScript Web Based Games", International Journal of Engineering Education, submitted for publication in July 2001.
- [5] Devedžić G.: "Vizuelizacija inteligentnih MDA sistema", INFO-M, Br.8, str.13-23, 2003.
- [6] Devedžić G.: "Softverska rešenja CAD/CAM sistema", Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2004.
- [7] Fuh J.Y.H., Li W.D.: "Advances in Collaborative CAD: The State of the Art", Computer-Aided Design, Vol.37, pp.571-581, 2005.
- [8] Gilgeous V.: "The Strategic Role of Manufacturing". International Journal of Production Research, Vol.39, No.6, pp.1257-1287, 2001.
- [9] Impelluso T., Metoyer T.: "Virtual Reality and Learning by Design: Tools for Integrating Mechanical Engineering Concepts", 30th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Kansas City, MO, USA, October 18-21, 2000.
- [10] Kibira D., McLean C.: "Virtual Reality Simulation of a Mechanical Assembly Production Line", Winter Simulation Conference, San Diego, U.S.A., December 8-11, 2002.

- [11]Klocke F., Schmitz R., Straube A.: "Simulation and Virtual Analysis of Machining Operations for Industrial Needs", 36th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Saarbrücken, Germany, June 03-05, 2003.
- [12]Krause F.-L., Baumann R., Kaufmann U., Kühn T., Leemhuis H., Ragan Z., Swoboda F.: "Computer Aided Conceptual Design", 36th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Saarbrücken, Germany, June 03-05, 2003.
- [13]Li W.D., Lu W.F., Fuh J.Y.H., Wong Y.S.: "Collaborative Computer-Aided Design – Research and Development Status", Computer-Aided Design, 2005. (article in press)
- [14]Todd R.H., Red W.E., Magleby S.P., Coe S.: "Manufacturing: A Strategic Opportunity for Engineering education", International Journal of Engineering Education, submitted for publication in July 2001.
- [15]Wang L., Shen W., Xie H., Neelamkavil J., Pardasani A.: "Collaborative Conceptual Design – State of the Art and Future Trends", Computer Aided Design, Vol 34, pp.981-996, 2002.